

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 100 09 173 A 1

⑯ Int. Cl. 7:

G 01 B 7/00

G 01 D 5/20

G 01 R 33/07

G 01 P 3/488

⑯ Aktenzeichen: 100 09 173.3  
⑯ Anmeldetag: 26. 2. 2000  
⑯ Offenlegungstag: 6. 9. 2001

⑯ Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:

Steinruecken, Heinrich, 71640 Ludwigsburg, DE;  
Heisenberg, David, Dr., 70839 Gerlingen, DE;  
Schulz, Michael, 71701 Schwieberdingen, DE;  
Rettig, Rasmus, Dr., 70839 Gerlingen, DE; Haas,  
Martin, Dr., 71720 Oberstenfeld, DE; Gintner,  
Klemens, Dr., 71638 Ludwigsburg, DE

⑯ Entgegenhaltungen:

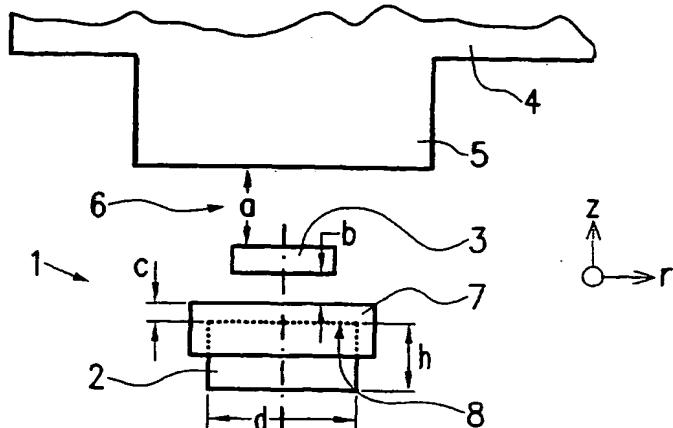
DE 43 27 796 C2  
DE 196 22 561 A1  
DE 37 04 729 A1  
DE 32 18 298 A1  
EP 2 73 129 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung eines ferromagnetischen Gegenstandes

⑯ Die Erfindung betrifft eine Messvorrichtung (1) zur berührungslosen Erfassung eines ferromagnetischen Gegenstandes (4, 5). Die Messvorrichtung umfasst ein Hall-Element (3) und mindestens einen Permanentmagneten (2), wobei zwischen dem Hall-Element und dem Permanentmagneten ein Luftspalt (6) angeordnet ist. Weiter weist der Permanentmagnet (2) an mindestens einer seiner Stirnseiten ein weichmagnetisches Bauteil (7) auf, welches zwischen dem Permanentmagneten (2) und dem Hall-Element (3) angeordnet ist.



DE 100 09 173 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung eines ferromagnetischen Gegenstandes nach den unabhängigen Ansprüchen 1 und 10.

Derartige Messvorrichtungen umfassen im Allgemeinen eine Anordnung einer Magnetstruktur und einen integrierten Schaltkreischip mit einem Hall-Element, wobei der Chip an einem Ende der Magnetstruktur und in dem magnetischen Feld angeordnet ist, das durch diese Magnetstruktur gebildet wird. Das Hall-Element erzeugt ein elektrisches Signal bezogen auf die Stärke des magnetischen Feldes senkrecht zur Ebene des Hall-Elements. Wenn sich nun ein ferromagnetischer Gegenstand dem Hall-Element nähert, ändert sich die Stärke des magnetischen Feldes senkrecht zum Hall-Element. Dadurch kann der Abstand des ferromagnetischen Gegenstands zum Hall-Element durch ein durch das Hall-Element erzeugtes elektrisches Signal wiedergegeben werden. Derartige Hall-Sensoren werden zur Erfassung von Drehzahlen oder bestimmten Positionen von gezähnten Geberrädern (Zahnräder) bei Kraftfahrzeugen z. B. für ein Antiblockiersystem oder eine Motorsteuerung eingesetzt.

Beispielsweise wurden zur Verwirklichung eines kleinen Offset-Feldes Messvorrichtungen mit zwei eng benachbarten Hall-Elementen vorgeschlagen, welche elektrisch derart miteinander verbunden sind, dass sie sich gegenseitig im Grundzustand aufheben. Dies ermöglicht die Erzeugung eines guten Signals, jedoch müssen die beiden Hall-Elemente absolut identisches Verhalten aufweisen, was in der Serienproduktion nur eingeschränkt möglich ist.

20 Weiter ist aus der DE-196 22 561 ein Hall-Effekt-Sensor bekannt, bei dem ein auf einem Schaltkreischip angeordnetes Hall-Element zwischen einem Geberrad und einer Magnetstruktur angeordnet ist. Dabei ist die Magnetstruktur derart aufgebaut, dass ein Nordpol und ein Südpol nebeneinander liegen und beide zum Hall-Element benachbart angeordnet sind.

25 Weiter ist aus der EP-0 273 129 ein Magnetfeldgeber bekannt, bei dem als Permanentmagnet ein Ringmagnet vorgesehen ist. Ein Hall-Generator ist der Öffnung des Ringmagneten derart zugeordnet, dass die Achse des Hall-Generators und die Achse des Ringmagneten im Wesentlichen zusammenfallen und der Hall-Generator bei offenem Magnetkreis in einem durch Feldverdrängung innerhalb des Ringmagneten gegebenen Raum minimaler magnetischer Induktion angeordnet ist.

## 30 Vorteile der Erfindung

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur berührungslosen Erfassung eines ferromagnetischen Gegenstands mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, dass durch das an einer Seite eines Permanentmagneten zwischen dem Permanentmagneten und einem Hall-Element angeordnete weichmagnetische Bauteil ein Teil des magnetischen Flusses durch das weichmagnetische Bauteil abgeleitet wird. Somit wird in dem Raum um das am Permanentmagneten angeordnete weichmagnetische Bauteil herum die magnetische Flussdichte reduziert. Dadurch kann ein Magnetkreis mit einem minimierten Offset-Feld realisiert werden. Bei eng benachbarten Hall-Elementen, insbesondere bei Messung nach dem Differenzialprinzip, ist die Verwendung von Hall-Elementen mit relativ großer Toleranzbreite möglich, da sich das unterschiedliche Verhalten der Hall-Elemente relativ gering auswirkt. Weiterhin ist an dem erfindungsgemäßen Aufbau der Messvorrichtung vorteilhaft, dass durch das am Permanentmagneten angeordnete weichmagnetische Bauteil eine starke Veränderung der magnetischen Flussdichte bei Anwesenheit eines ferromagnetischen Gegenstands auftritt. Das heißt, durch die große relative Änderung der magnetischen Flussdichte, welche bei Annäherung eines ferromagnetischen Gegenstandes auftritt, kann eine größere Genauigkeit der Messvorrichtung erreicht werden. Auch weist die erfindungsgemäße Messvorrichtung einen einfachen Aufbau auf, da nur ein Hall-Element notwendig ist und der Aufbau mit einem einzigen Permanentmagneten und einem einfach geformten weichmagnetischen Bauteil realisierbar ist. Beispielsweise kann hierbei ein einfacher stabförmiger oder zylinderförmiger Permanentmagnet verwendet werden.

Vorzugsweise ist das weichmagnetische Bauteil an einer Seite des Permanentmagneten angeordnet, welche in Richtung des zu erfassenden ferromagnetischen Gegenstandes gerichtet ist. Hierdurch lässt sich ein besonders einfacher Aufbau der Messvorrichtung realisieren, da das weichmagnetische Bauteil einfach an einer Stirnseite des Permanentmagneten angeordnet werden kann. Dadurch kann das Hall-Element einfach in einem Spalt zwischen dem weichmagnetischen Bauteil und dem zu erfassenden ferromagnetischen Gegenstand angeordnet werden.

55 Vorzugsweise ist das weichmagnetische Bauteil als kappenförmiges Element ausgebildet und weist eine Aussparung zur Aufnahme des Permanentmagneten auf. Dadurch kann eine einfache Verbindung zwischen dem weichmagnetischen Bauteil und dem Permanentmagneten z. B. auch durch Magnetkräfte realisiert werden. Es ist jedoch auch möglich, dass das weichmagnetische Bauteil mit dem Permanentmagneten mittels Kleben oder Löten oder Schweißen verbunden wird.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist das weichmagnetische Bauteil eine zentrische Öffnung auf, welche in Richtung des Hall-Elements geöffnet ist. Dadurch kann eine Messvorrichtung realisiert werden, welche ein besonders geringes Offset-Feld aufweist.

60 Vorzugsweise weist das weichmagnetische Bauteil eine halbkugelförmige Öffnung auf, welche in Richtung des Hall-Elements geöffnet ist. Hierdurch lässt sich insbesondere ein geringes Offset-Feld bei Verwendung eines zylindrischen Stabmagneten realisieren.

Besonders günstig ist ein rotationssymmetrischer Aufbau, da hierdurch ein Einbau der Messvorrichtung unabhängig von der jeweiligen Lage des Hall-Elements erfolgen kann.

65 Vorzugsweise ist das weichmagnetische Bauteil aus mehreren Lochscheiben gebildet. Dadurch kann mit einfachen Bauteilen eine erfindungsgemäße Messvorrichtung realisiert werden, wobei die Bauteile standardisiert werden können und somit auf einfache Weise unterschiedliche Messvorrichtungen für verschiedene Anforderungen herstellbar sind.

Genäß einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist das Hall-Element zwischen einem ersten Per-

manentmagneten und einem zweiten Permanentmagneten angeordnet. Dabei ist der zweite Magnet derart angeordnet, dass er zwischen dem Hall-Element und dem zu erfassenden ferromagnetischen Gegenstand liegt. Durch diese Anordnung ist es möglich, einen magnetischen Nullpunkt an der Position des Hall-Elements zu erzeugen. Hierdurch kann insbesondere eine Abgleichmöglichkeit realisiert werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfundungsgemäßen Messvorrichtung ist der Permanentmagnet parallel zu dem zu erfassenden ferromagnetischen Gegenstand ausgerichtet, sodass dessen Nordpol und Südpol in einer Ebene senkrecht zum ferromagnetischen Gegenstand liegt. Dabei ist das weichmagnetische Bauteil seitlich an den Stirnseiten des Permanentmagneten angeordnet. Das Hall-Element ist dabei in einem im weichmagnetischen Bauteil gebildeten Spalt angeordnet. Vorzugsweise ist hierbei an beiden Stirnseiten des Permanentmagneten ein weichmagnetisches Bauteil vorgesehen. Durch diese Ausgestaltung der weichmagnetischen Bauteile und der Anordnung des Permanentmagneten zum zu erfassenden ferromagnetischen Gegenstand ergibt sich ohne das Vorhandensein des ferromagnetischen Gegenstandes ein relativ großes Magnetfeld im Hall-Element in dessen sensitiver Richtung. Wenn nun ein ferromagnetischer Gegenstand in die Nähe des Permanentmagneten kommt, wird ein Teil des magnetischen Flusses nicht mehr durch das weichmagnetische Bauteil und das Hall-Element geführt, sondern wird über den ferromagnetischen Gegenstand geführt. Dadurch wird eine Reduzierung des Magnetfelds im Hall-Element erreicht. Somit nimmt in dieser Ausführungsform das Magnetfeld im Hall-Element einen Minimalwert an, wenn ein ferromagnetischer Gegenstand in die Nähe des Permanentmagneten kommt.

### Zeichnung

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

**Fig. 1** zeigt eine Seitenansicht durch eine Messvorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 2** zeigt eine Draufsicht einer Messvorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 3** zeigt eine Seitenansicht durch eine Messvorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 4** zeigt eine Seitenansicht einer Messvorrichtung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 5** zeigt eine Schnittdarstellung durch eine Messvorrichtung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 5a** zeigt einen Schnitt durch eine weitere Variante.

**Fig. 6** zeigt eine Schnittdarstellung durch eine Messvorrichtung gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 7** zeigt eine vergrößerte Teilschnittsansicht der in **Fig. 6** dargestellten Messvorrichtung.

**Fig. 8** zeigt eine Schnittdarstellung durch eine Messvorrichtung gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 9** zeigt eine Schnittdarstellung durch eine Messvorrichtung gemäß einem achtten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 10** zeigt eine Darstellung der Abhängigkeit der magnetischen Induktion von der Breite des Luftspalts bei dem in **Fig. 9** dargestellten Ausführungsbeispiel.

**Fig. 11** zeigt eine Schnittdarstellung durch eine Messvorrichtung gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 12** zeigt eine Schnittdarstellung durch eine Messvorrichtung gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 13** zeigt eine Schnittdarstellung durch eine Messvorrichtung gemäß einem elften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 14** zeigt eine Abhängigkeit der magnetischen Induktion von der Breite des Luftspalts bei einer Messvorrichtung gemäß dem in **Fig. 13** dargestellten Ausführungsbeispiel.

**Fig. 15** zeigt die Abhängigkeit des magnetischen Hubs von der Breite des Luftspalts der in **Fig. 13** dargestellten Messvorrichtung.

**Fig. 16** zeigt eine Schnittdarstellung durch eine Messvorrichtung gemäß einem zwölften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, und

**Fig. 17** zeigt eine vergrößerte Schnittdarstellung der in **Fig. 16** dargestellten Messvorrichtung.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Wie in **Fig. 1** gezeigt, umfasst eine Messvorrichtung **1** gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung einen Permanentmagneten **2**, welcher als Stahnmagnet mit einem Durchmesser **d** und einer Höhe **h** ausgebildet ist. Weiter umfasst die Messvorrichtung **1** ein Hall-Element **3** und ein weichmagnetisches Bauteil **7**. Das weichmagnetische Bauteil **7** weist eine zylinderförmige Aussparung **8** auf, welche zur Aufnahme des Permanentmagneten **2** dient. Wie in **Fig. 1** gezeigt, wird der Permanentmagnet **2** bis zur Hälfte seiner Höhe **h** durch das weichmagnetische Bauteil **7** abgedeckt.

Statt eines Hall-Elements können auch andere magnetfeldempfindliche Elemente verwendet werden, wie z. B. magnetoresistive Sensoren (anisotroper magnetoresistiver Effekt oder giant magnetoresistive effect), Feldplatten. Ferner können auch mehrere Elemente als Differenzschaltung verwendet werden.

Wie in **Fig. 1** gezeigt, ist das Hall-Element **3** in einem Luftspalt **6** zwischen dem weichmagnetischen Bauteil **7** und ei-

nem Zahn 5 eines Geberrades 4 in einem Abstand a vom Zahn 5 und einem Abstand b vom weichmagnetischen Bauteil 7 angeordnet. Der Abstand b sollte möglichst gering, vzugweise Null sein. Hierbei steht das weichmagnetische Bauteil 7 um einen Betrag c über das stirnseitige Ende des Permanentmagneten 2 über.

Durch das Vorsehen des weichmagnetischen Bauteils 7 zwischen dem Hall-Element 3 und dem Permanentmagneten 2 weist die Messvorrichtung 1 einen Magnetkreis mit einem sehr geringen Offset-Feld (sog. back-bias-reduzierter Magnetkreis) auf. Das weichmagnetische Bauteil 7 dient hierbei als Flussleitelement, welches einen Teil des magnetischen Fluxes aus der Stirnseite des Permanentmagneten 2 ableitet. Dadurch wird in dem Luftspalt 6 oberhalb der Stirnseite des Permanentmagneten 2 die magnetische Flussdichte reduziert und das Hall-Element 3 kann in einem Bereich mit geringer magnetischer Induktion in Z-Richtung, d. h. der sensitiven Achse des Hall-Elements, angeordnet werden. Wenn nun ein Zahn 5 eines Geberrades 4 in die Nähe des Hall-Elements gebracht wird, wird der magnetische Fluss in Z-Richtung im Hall-Element 3 erhöht und führt somit zu einer betragsmäßig höheren Hall-Spannung. Es ermöglicht das Erfassen des Vorhandenseins eines Zahnes 5 und die Abgabe eines entsprechenden Signals an eine Steuerungseinrichtung.

In den nachfolgenden Tabellen 1 und 2 sind die Messergebnisse bei einem Vergleich einer Messvorrichtung mit einem weichmagnetischen Bauteil 7 und ohne ein weichmagnetisches Bauteil dargestellt. Hierbei sind in Tabelle 1 die Messwerte für einen Aufbau angegeben, welcher der in Fig. 1 dargestellten Messvorrichtung entspricht. In Tabelle 2 sind die Messwerte für eine Messvorrichtung ohne weichmagnetisches Bauteil angegeben, wobei der Aufbau der Messvorrichtung ansonsten der in Fig. 1 gezeigten (ohne weichmagnetisches Bauteil) entspricht.

Tabelle 1

20 Messergebnisse mit weichmagnetischem Bauteil 7

Luftspalt a in mm	B <sub>z</sub> ohne Zahn in mT	B <sub>z</sub> mit Zahn in mT	ΔB <sub>z</sub> (magn. Hub) in mT
0	26,5	55,3	28,8
1,0	26,5	43,0	16,5
2,0	26,5	36,2	9,7
3,0	26,5	31,9	5,4
4,0	26,5	29,4	2,9
5,0	26,5	28,4	1,9

$$\Delta B_z = B_z \text{ mit Zahn} - B_z \text{ ohne Zahn}$$

40 Material des Permanentmagneten: Samarium-Cobalt

b = 1,5 mm (Abstand Stirnfläche des Permanentmagneten mit weichmagnetischem Bauteil zum Hall-Element)

45 B<sub>z</sub>: magnetische Flussdichte in Z-Richtung am Ort des Hall-Elements

50

55

60

65

Tabelle 2

Messergebnisse ohne weichmagnetisches Bauteil 7 Material des Permanentmagneten: Hartferrit

Luftspalt a in mm	B <sub>z</sub> ohne Zahn in mT	B <sub>z</sub> mit Zahn in mT	ΔB <sub>z</sub> (magn. Hub) in mT
0	22,7	39,8	17,1
1,0	22,7	32,6	9,9
2,0	22,7	28,8	6,1
3,0	22,7	26,7	4,0
4,0	22,7	25,2	2,5
5,0	22,7	24,5	1,8

b = 2,5 mm (Abstand Stirnfläche des Permanentmagneten zu Hall-Element)

B<sub>z</sub>: Magnetische Flussdichte in Z-Richtung am Ort des Hall-Elements

$$\Delta B_z = B_z \text{ mit Zahn} - B_z \text{ ohne Zahn}$$

Wie sich aus einem Vergleich der Messwerte in Tabelle 1 und Tabelle 2 ergibt, weist die erfundungsgemäße Messvorrichtung mit weichmagnetischem Bauteil 3 bei einem vergleichbaren niedrigen Offset-Magnetfeld (B<sub>z</sub> ohne Zahn = 26,5 mT; B<sub>z</sub> ohne Zahn = 22,7 mT) eine deutlich höhere Veränderung ΔB<sub>z</sub> des Magnetfeldes auf. Dabei ist ΔB<sub>z</sub> mit weichmagnetischem Bauteil um durchschnittlich ca. 35% größer als der Wert ΔB<sub>z</sub> ohne weichmagnetisches Bauteil im interessierenden Luftspaltbereich von ca. 1 mm bis 4 mm. Erfundungsgemäß kann somit das Vorhandensein eines ferromagnetischen Gegenstands im Bereich der Messvorrichtung mit größerer Sicherheit aufgrund der größeren relativen Änderung der magnetischen Induktion B festgestellt sowie der Abstand des ferromagnetischen Gegenstands genauer bestimmt werden.

Fig. 2 zeigt eine Draufsicht einer Messvorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der besseren Darstellbarkeit wegen ist dabei das Hall-Element nicht gezeigt. Im Wesentlichen entspricht die Messvorrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der des ersten Ausführungsbeispiels. Im Unterschied dazu, weist jedoch die Messvorrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel im weichmagnetischen Bauteil 7 eine zentrische Durchgangsöffnung 19 auf. Dadurch weist der obere Bereich des weichmagnetischen Bauteils 7, d. h. der Bereich, welcher zum Hall-Element 3 gerichtet ist, eine zylinderförmige Ringform auf.

In der schematischen Seitenansicht von Fig. 3 ist eine Messvorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt. Der Aufbau dieser Messvorrichtung entspricht im Wesentlichen der in Fig. 1 gezeigten Messvorrichtung. Im Unterschied dazu ist jedoch das weichmagnetische Bauteil 7 anders ausgebildet. Es weist an seinem äußeren Umfangsrund zusätzlich längliche Aussparungen 13 auf, welche am gesamten Umfang des weichmagnetischen Bauteils 7 gebildet sind. Hierdurch ergeben sich fertigungstechnische Vorteile. Mittels dieser Aussparung wird eine andere magnetische Flussdichte im Bereich des Hall-Elements 3 bei Nichtvorhandenseins eines ferromagnetischen Gegenstands bzw. Zahns 5 erhalten.

Fig. 4 zeigt eine Schnittansicht einer Messvorrichtung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Ausführungsbeispielen ist das weichmagnetische Bauteil 7 nicht mehr einstückig ausgeführt. Wie in Fig. 4 gezeigt, weist das weichmagnetische Bauteil 7 einen Deckel 7' und einen ringförmigen Zylinderabschnitt 7" auf, welcher einen Teil des Permanentmagneten 2 umgibt.

Fig. 5 zeigt eine schematische Schnittdarstellung einer erfundungsgemäßen Messvorrichtung 1 gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das weichmagnetische Bauteil 7 derart ausgebildet, dass es neben der Aussparung auch zur Aufnahme des Permanentmagneten 2 eine an der Stirnseite des weichmagnetischen Bauteils 7 angeordnete Aussparung 9 mit der Wandung 9a aufweist. Wie in Fig. 5 gezeigt, kann hierbei das Hall-Element 3 auch teilweise in der Aussparung 9 angeordnet sein. Das Bauteil 7 kann auch aus mehreren Teilen zusammengesetzt sein.

In der Variante nach Fig. 5a weist das Bauteil 7 einen umlaufenden Fortsatz 20 auf. Dieser Fortsatz 20 ragt über die ringförmigen Zylinderabschnitte 7" hinaus. Von der Funktion her entspricht der Fortsatz 20 der Wandung 9a in Fig. 5. Dadurch wird eine magnetische Sättigung in den Randbereichen, d. h. im Bereich des Übergangs im Bauteil 7 von der Stirnseite zu den Mantelbereichen vermieden.

In den Fig. 6 und 7 ist ein sechstes Ausführungsbeispiel der erfundungsgemäßen Messvorrichtung 1 dargestellt. Im Unterschied zu der in Fig. 5 gezeigten Messvorrichtung weist das weichmagnetische Bauteil 7 keine Aussparung zur Aufnahme des Permanentmagneten auf, sondern ist direkt an der Stirnseite des Permanentmagneten 2 angeordnet. Das weichmagnetische Bauteil 7 weist ebenfalls eine zum Zahn 5 offene Aussparung 9 auf, in welcher das Hall-Element 3 zumindest teilweise angeordnet ist.

Fig. 8 zeigt ein siebtes Ausführungsbeispiel einer Messvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 7 gezeigten Ausführungsbeispiel, mit der Ausnahme, dass die

Aussparung 9 des weichmagnetischen Bauteils 7 halbkugelförmig gebildet ist. Es wäre auch eine andere Form einer Aussparung möglich, z. B. kegelstumpfförmig, kegelförmig, konisch etc. Wichtig ist, dass in diesem Bereich eine Verringerung der Dicke erreicht wird. Die Aussparung sollte zentrisch angeordnet sein. In dieser zum Luftspalt 6 offenen Aussparung 9 ist das Hall-Element 3 wieder teilweise angeordnet. In allen Ausführungsbeispielen kann das Hall-Element auch über der Aussparung bzw. über dem Bauteil 7 angeordnet sein. Weiter umfasst das weichmagnetische Bauteil 7 eine Aussparung 8 zur teilweisen Aufnahme des Permanentmagneten 2.

Fig. 9 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Messvorrichtung gemäß einem achten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Hierbei ist das weichmagnetische Bauteil 7 aus mehreren Ringscheiben 7a und 7b aufgebaut. Die Ringscheibe 7b weist einen etwas größeren Durchmesser als die Ringscheiben 7a auf, um eine Justierung des Hall-Elements 3 zu ermöglichen. Die Höhe h von der oberen Stirnseite des Permanentmagneten 2 zur äußeren Oberfläche des Hall-Elements 3 (d. h. zur Oberfläche, welche zum Zahn 5 gerichtet ist) beträgt dabei  $h = 2,5$  mm. Der Durchmesser des Permanentmagneten 2 war dabei  $d = 7$  mm und die Höhe b des Permanentmagneten 2 war dabei  $b = 4,0$  mm. Als Magnet 2 wurde ein  $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ -Permanentmagnet verwendet. Dabei wurden bei Messungen die in Fig. 10 dargestellten Werte der magnetischen Induktion B in Abhängigkeit von der Breite des Luftspalts von der äußeren Oberfläche des Hall-Elements 3 zur Oberfläche des Zahns 5 erhalten. Hierbei zeigt die Reihe 2 die Werte, welche ohne das Vorhandensein des Zahns 5 im Bereich des Hall-Elements 3 erhalten wurden und die Reihe 1 die Werte, welche bei Vorhandensein eines Zahns erhalten wurden. Wie aus Fig. 10 ersichtlich ist, wurde jeweils bei Vorhandensein eines Zahns in der Nähe der Messvorrichtung eine deutliche Änderung der magnetischen Induktion B erhalten.

Fig. 11 zeigt eine erfundengemäße Messvorrichtung gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel. Wie in Fig. 11 gezeigt, ist hierbei der stabförmige Permanentmagnet 2 nicht mehr mit seiner Stirnseite in Richtung des Zahns 5 ausgerichtet, sondern ist mit seiner Längsseite parallel zum Zahn 5 angeordnet. Als weichmagnetisches Bauteil sind dabei zwei L-förmige weichmagnetische Bauteile 7a und 7b vorgesehen, welche jeweils an den Stirnseiten des Permanentmagneten 2 am Nordpol bzw. am Südpol angeordnet sind. Zwischen den beiden Schenkeln der L-förmigen weichmagnetischen Bauteile 7a und 7b ist ein Spalt 11 gebildet, welcher parallel zum Magnet 2 ausgerichtet ist. In diesem Spalt ist ein Hall-Element 3 angeordnet. Wenn sich nun kein Zahn 5 in der Nähe des Permanentmagneten 2 befindet, wird ein großer magnetischer Fluss, ausgehend vom Permanentmagneten 2 über das erste weichmagnetische Bauteil 7a, über den Spalt 11 zum zweiten weichmagnetischen Bauteil 7b und zurück zum Permanentmagneten 2 geführt. Dadurch ergibt sich bei Nichtvorhandensein eines Zahns 5 im Bereich des Permanentmagneten 2 am Hall-Element 3 eine hohe magnetische Induktion. Wenn nun ein ferromagnetischer Zahn 5 in die Nähe des Permanentmagneten 2 gebracht wird (vgl. Fig. 11) so wird zumindest ein Teil des magnetischen Flusses über den Spalt 6 zum Zahn 5 und zurück zum Permanentmagneten 2 geführt. Dadurch reduziert sich das im Hall-Element 3 induzierte Magnetfeld. Damit nimmt im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Ausführungsbeispielen bei dem in Fig. 11 dargestellten neunten Ausführungsbeispiel das Magnetfeld im Hall-Element 3 bei Anwesenheit eines Zahns 5 im Bereich des Permanentmagneten 2 einen minimalen Wert an.

Fig. 12 zeigt ein zehntes Ausführungsbeispiel der erfundengemäßen Messvorrichtung. Dieses Ausführungsbeispiel entspricht prinzipiell dem in Fig. 11 gezeigten Ausführungsbeispiel, jedoch ist das weichmagnetische Element anders ausgebildet. Wie in Fig. 12 gezeigt, ist das weichmagnetische Element aus einem L-förmigen weichmagnetischen Bauteil 7a und einem stabförmigen weichmagnetischen Bauteil 7b gebildet. Hierbei ist im Schenkel des weichmagnetischen Bauteils 7a eine Aussparung 14 gebildet, in welchem ein Hall-Element 3 angeordnet ist. Wie aus Fig. 12 ersichtlich ist, geht im vorliegenden Ausführungsbeispiel der magnetische Fluss ausgehend vom Permanentmagneten 2 über das weichmagnetische Bauteil 7a, das Hall-Element 3, über einen zwischen den beiden weichmagnetischen Bauteilen 7a und 7b gebildeten Spalt 11 zum weichmagnetischen Bauteil 7b und zurück zum Permanentmagneten 2. Die weichmagnetischen Bauteile 7a bzw. 7b sind wiederum jeweils an den beiden Stirnseiten des Permanentmagneten 2 am Nord- bzw. Südpol angeordnet. Hierbei sind die beiden weichmagnetischen Bauteile 7a und 7b derart am Permanentmagneten 2 angeordnet, dass sie teilweise in den Luftspalt 6 zwischen dem Geberrad 4 und dem Permanentmagneten 2 vorstehen, um eine Aussparung 9 zu bilden.

In Fig. 13 ist ein elftes Ausführungsbeispiel einer erfundengemäßen Messvorrichtung 1 dargestellt. Wie in Fig. 13 gezeigt, umfasst die Messvorrichtung 1 einen ersten Permanentmagneten 2 sowie einen zweiten Permanentmagneten 10. Am zweiten Permanentmagneten 10 sind hierbei an dessen Stirnseiten jeweils eine 0,5 mm dicke Schicht 15, 16 aus magnetisch inaktivem Material angeordnet. Weiter ist ein auf einer Leiterplatte 12 befestigtes Hall-Element 3 vorgesehen.

Wie in Fig. 13 gezeigt, ist die Leiterplatte 12 an einem weichmagnetischen Bauteil 7 befestigt, sodass das weichmagnetische Bauteil 7 zwischen dem ersten Permanentmagneten 2 und dem Hall-Element 3 angeordnet ist. Der zweite Permanentmagnet 10 ist dann zwischen dem Hall-Element 3 und einem Zahn 5 eines Geberrades angeordnet. Somit ist zwischen dem z. B. aus Samarium-Cobalt hergestellten Permanentmagneten 2 und dem Zahn 5 ausgehend von dem Permanentmagneten 2 das weichmagnetische, plattenförmige Bauteil 7 mit einer Dicke von ca. 0,2 mm, die Leiterplatte 12 mit einer Dicke von ca. 1 mm, das Hall-Element 3 mit einer Dicke von ca. 0,7 mm, eine erste Schicht 15 aus Resitex mit einer Dicke von ca. 0,5 mm, der zweite Permanentmagnet mit einer Dicke von ca. 2,5 mm und eine zweite Schicht 16 aus Resitex mit einer Dicke von 0,5 mm angeordnet.

Die mit diesem Aufbau erhaltenen magnetischen Induktionen im Hall-Element 3 sind in Fig. 14 dargestellt. Hierbei ist die magnetische Induktion abhängig von der Breite b des Luftspalts 6 zwischen dem Zahn 5 und der durch die Schicht 16 gebildeten Stirnfläche der Magnetstruktur aufgetragen.

In Fig. 15 ist nochmals separat der magnetische Hub bei Vorhandensein eines ferromagnetischen Gegenstands 5 im Bereich der Messvorrichtung 1 in Abhängigkeit von der Breite b des Luftspalts 6 dargestellt.

Wie aus den beiden Schaubildern in den Fig. 14 und 15 ersichtlich ist, ergibt sich insbesondere im für die praktische Anwendung wichtigen Bereich der Luftspaltbreite b zwischen 1 und 4 mm jeweils ein relativ großer magnetischer Hub, welcher bei einem relativ geringen Offset-Feld (bei Nichtvorhandensein eines ferromagnetischen Gegenstands im Bereich der Messvorrichtung 1) von ca. 17 mT bereitgestellt wird (vgl. Fig. 14). Somit stellt die Messvorrichtung gemäß dem in Fig. 13 dargestellten Ausführungsbeispiel einen Hall-Sensor mit einem sehr geringen Offset-Feld bereit, sodass Störungen aufgrund elektromagnetischer Unverträglichkeit minimiert werden können.

Das Bauteil 7 kann entsprechend den bisher beschriebenen Varianten sowohl am Magneten 2 als auch am Magneten 10 oder auch an beiden ausgebildet sein.

In den Fig. 16 und 17 ist ein zwölftes Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. Wie insbesondere aus Fig. 17 ersichtlich ist, weist die Messvorrichtung 1 ebenfalls einen ersten Permanentmagneten 2 und einen zweiten Permanentmagneten 10 auf. Zwischen dem ersten und dem zweiten Permanentmagnet 10 ist dabei ein Hall-Element 3 sowie ein weichmagnetisches Bauteil 7 angeordnet. Dabei befindet sich das weichmagnetische Bauteil 7 mit dem ersten Permanentmagneten 2 in Kontakt, wohingegen das Hall-Element 3 sich mit dem zweiten Permanentmagneten 10 in Kontakt befindet. Die beiden Permanentmagneten 2 und 10 sind derart angeordnet, dass ihre beiden Nordpole stromseitig gegeneinander gerichtet sind. Entsprechend dem vorher beschriebenen Ausführungsbeispiel ist zwischen dem zweiten Permanentmagneten 10 und einem Zahn 5 eines Geberrads ein Luftspalt 6 vorgesehen. Die Funktion des in Fig. 16 und 17 dargestellten Ausführungsbeispiels entspricht im Wesentlichen der des in Fig. 13 dargestellten elften Ausführungsbeispiels, sodass auf die dortigen Ausführungen verwiesen werden kann.

Zusammenfassend wurde insoweit eine Messvorrichtung 1 zur berührungslosen Erfassung eines ferromagnetischen Gegenstandes 4, 5 beschrieben. Die Messvorrichtung umfasst ein Hall-Element 3 und mindestens einen Permanentmagneten 2, wobei zwischen dem Hall-Element und dem Permanentmagneten ein magnetisch nicht leitender Luftspalt 6 angeordnet ist. Weiter weist der Permanentmagnet 2 an mindestens einer seiner Stirnseiten ein weichmagnetisches Bauteil 7 auf, welches in dem Luftspalt 6 zwischen dem Permanentmagneten 2 und dem Hall-Element 3 angeordnet ist.

Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung eines ferromagnetischen Gegenstandes (5) mit
  - mindestens einem magnetfeldempfindlichen Element (3) und
  - mindestens einem Magneten (2),
  - wobei sich zwischen dem magnetfeldempfindlichen Element (3) und dem ferromagnetischen Gegenstand (5) ein Luftspalt (6) befindet,
 dadurch gekennzeichnet, dass
  - der Magnet (2) an mindestens einer seiner Seiten ein weichmagnetisches Bauteil (7) aufweist, welches zwischen dem Magneten (2) und dem magnetfeldempfindlichen Element (3) angeordnet ist.
2. Messvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das weichmagnetische Bauteil (7) an einer Stirnseite des Magneten (2) angeordnet ist, welche in Richtung des zu erfassenden ferromagnetischen Gegenstandes (5) gerichtet ist.
3. Messvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das weichmagnetische Bauteil (7) als kappenförmiges Element ausgebildet ist, welches eine Aussparung (8) zur Aufnahme des Magneten (2) aufweist.
4. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das weichmagnetische Bauteil (7) eine Öffnung (9) aufweist, welche in Richtung des magnetfeldempfindlichen Elements (3) geöffnet ist.
5. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das weichmagnetische Bauteil (7) eine halbkugelförmige Öffnung (9) aufweist, welche in Richtung des magnetfeldempfindlichen Elements (3) geöffnet ist.
6. Messvorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das magnetfeldempfindliche Element (3) zumindest teilweise in der Öffnung (9) angeordnet ist.
7. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das weichmagnetische Bauteil (7) einen umlaufenden Fortsatz (20) aufweist.
8. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das weichmagnetische Bauteil (7) aus mehreren Lüchscheiben (7a, 7b) gebildet ist.
9. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich im Luftspalt (6) ein zweiter Magnet (10) befindet und, dass sich die Magnete (2, 10) mit gleichnamiger Polarität gegenüberstehen.
10. Messvorrichtung zur berührungslosen Erfassung eines ferromagnetischen Gegenstands (5) mit
  - mindestens einem magnetfeldempfindlichen Element (3) und
  - mindestens einem Magneten (2),
  - wobei die Polarisierungsrichtung des Magneten (2) nahezu parallel zum ferromagnetischen Gegenstand (5) verläuft,
  - wobei an den beiden Stirnseiten des Magneten (2) jeweils ein weichmagnetisches Bauteil (7a, 7b) angeordnet ist und,
  - wobei sich das magnetfeldempfindliche Element (3) in einem Spalt (11) zwischen den Bauteilen (7a, 7b) befindet.
11. Messvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Spalt (11) zwischen den sich überlappenden Enden der Bauteile (7a, 7b) befindet.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

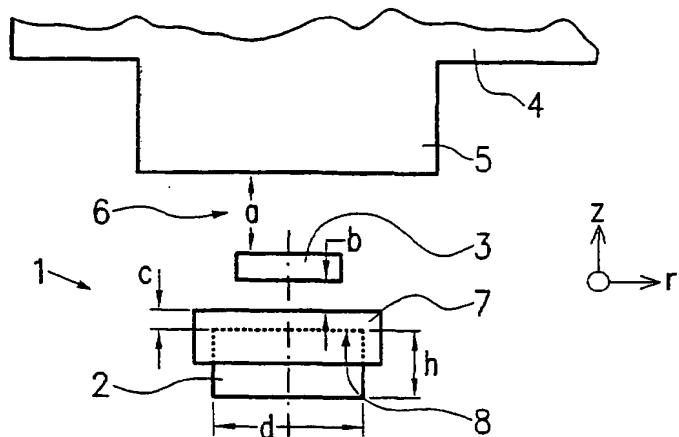


Fig. 1

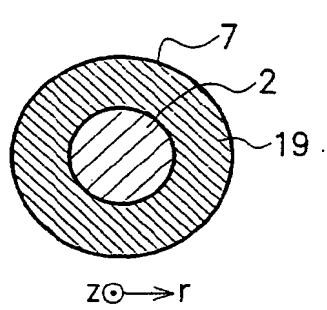


Fig. 2

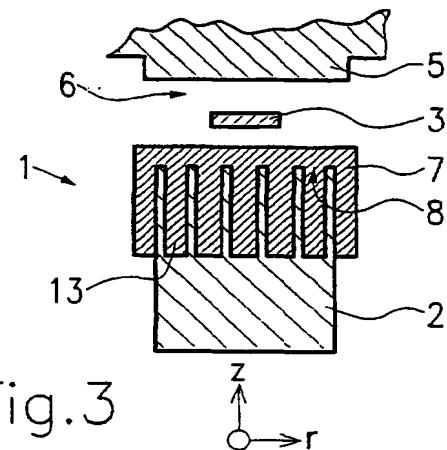


Fig. 3

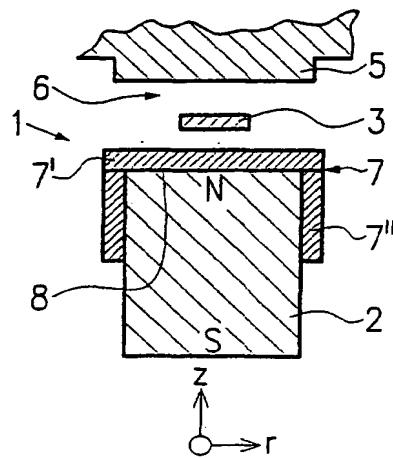


Fig. 4

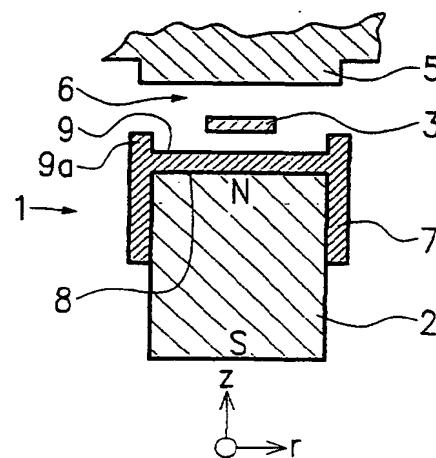


Fig. 5

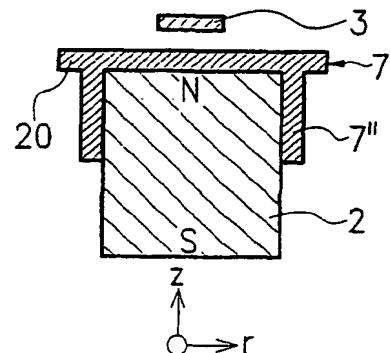
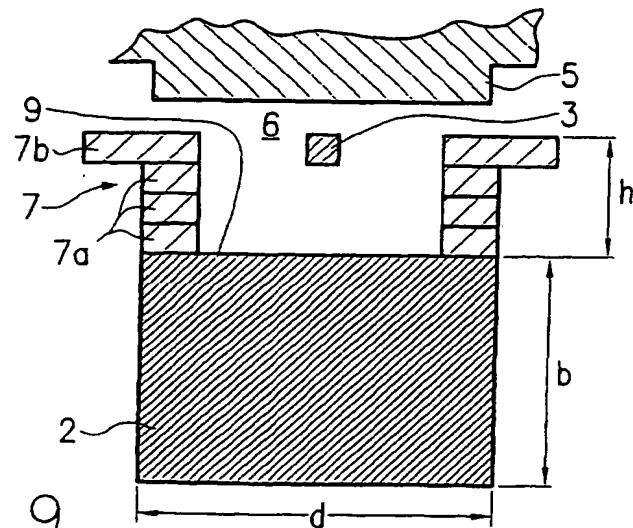
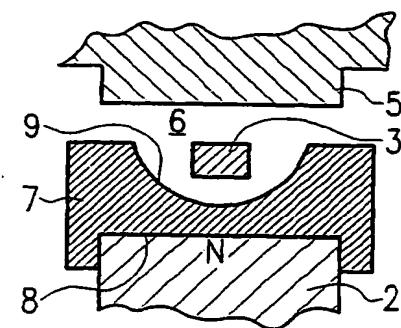
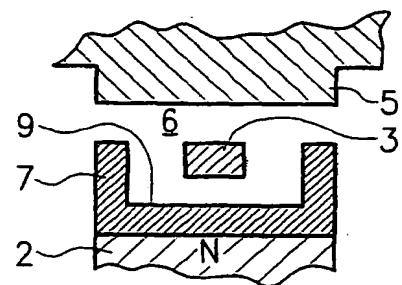
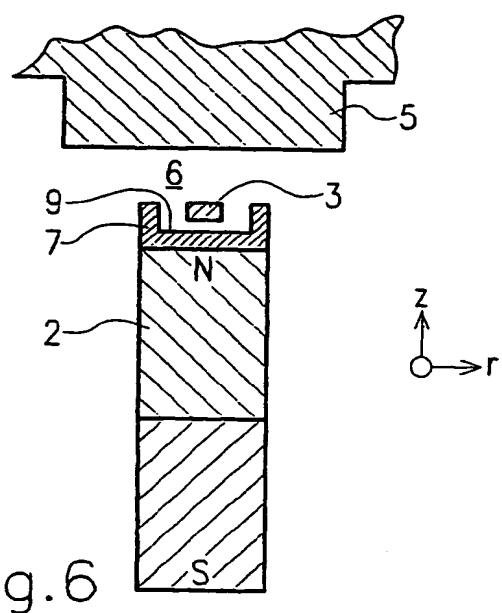


Fig. 5a



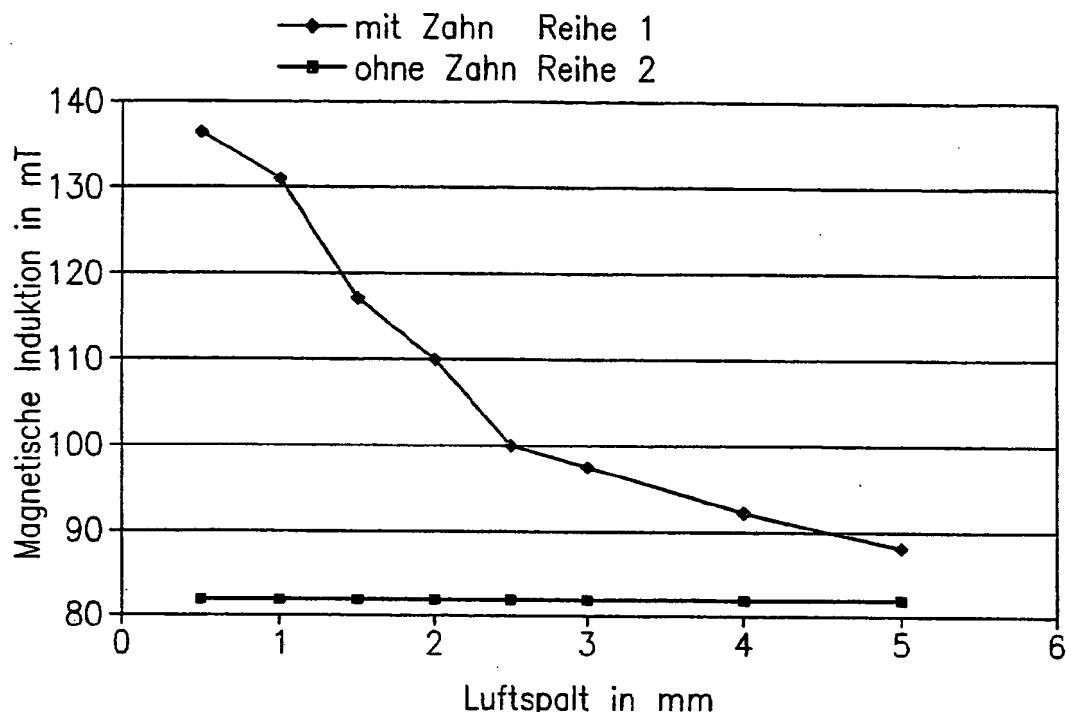


Fig.10

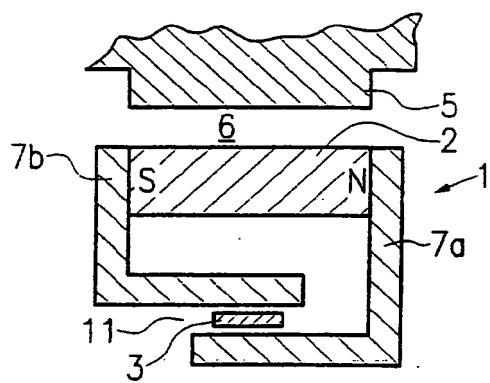


Fig.11

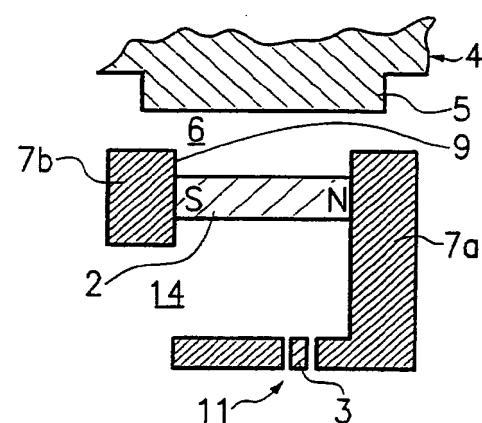


Fig.12

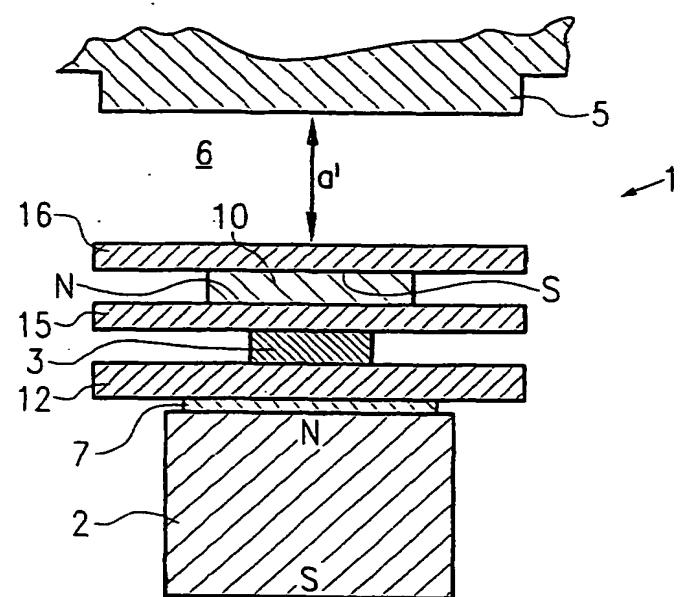


Fig.13

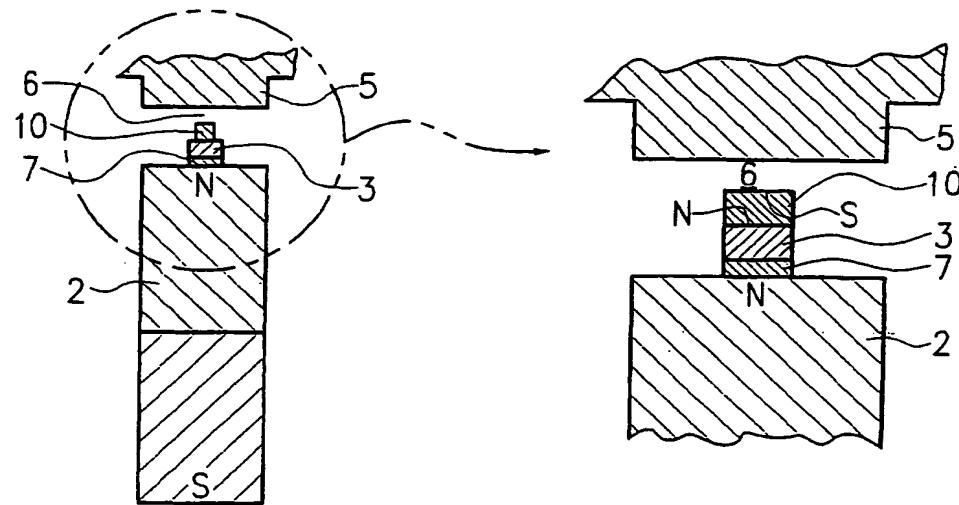


Fig.16

Fig.17

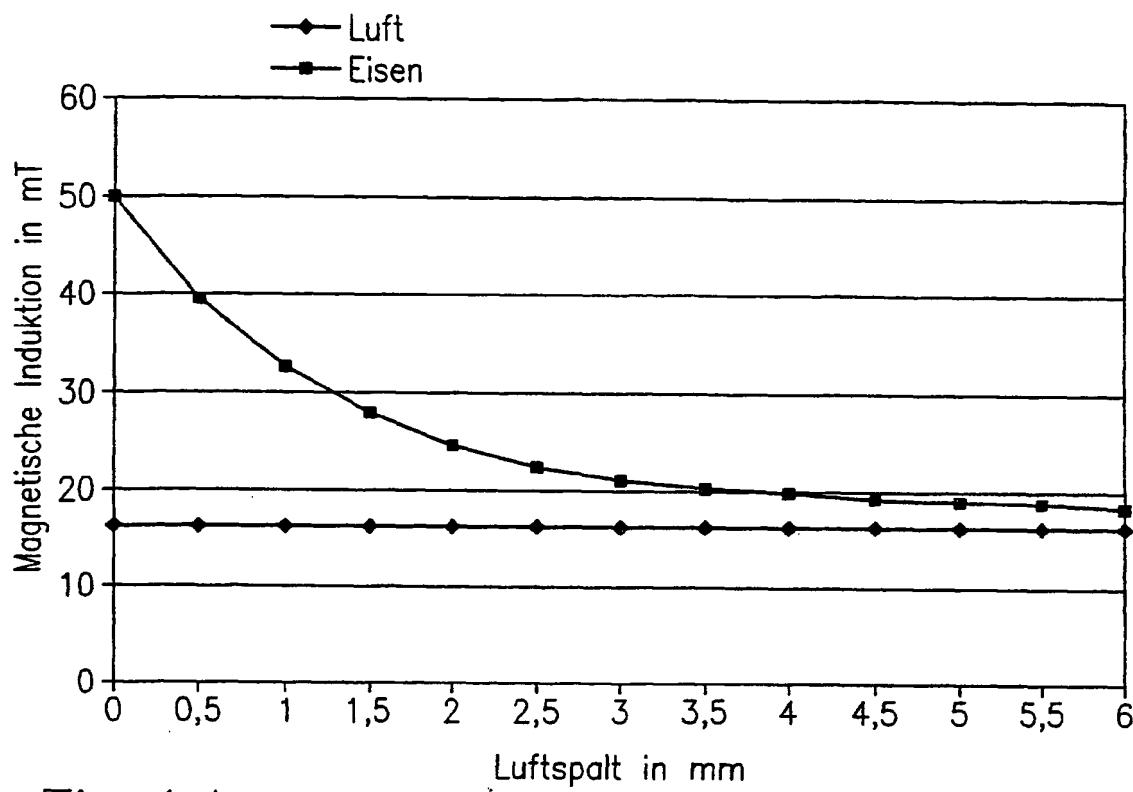


Fig. 14

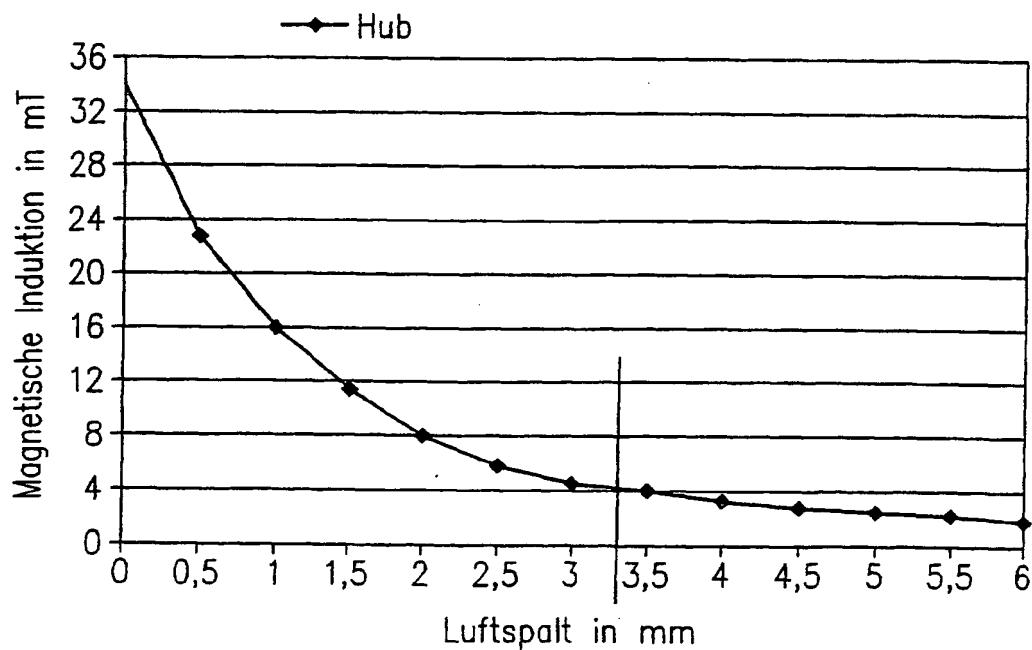


Fig. 15